土木建筑工程信息技术
Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture

BIM技术在钢桁架梁桥设计阶段的应用

王继红 卢 禹

（上海市政工程设计研究总院集团第六设计院有限公司，合肥 230001）

【摘 要】将BIM技术引入到钢桁架梁桥的设计中，从桁架定位，单个复杂节点的设计，节点与节点之间的搭接等方面对设计进行了指导，并开展了碰撞检查，拼装模拟、工程量计算等方面的应用，收到了良好的效果，为BIM技术在钢桁架梁桥设计的应用提供了参考。

【关键词】BIM；钢桁架梁桥；设计；应用
【中图分类号】TU17；TU391；U448.21^{+}1 【文献标识码】A 【文章编号】1674－7461(2017)04－0106－05
【DOI】10.16670/j.cnki.cn11－5823/tu.2017.04.20

1 引言

近年来，我国桥梁建设发展迅速，但是钢结构桥梁所占的比例仍很低。截至2015年底，全国75.7万座公路桥梁中，钢结构桥梁所占比例不到1%，远低于美国35%和日本41%的钢结构桥梁占比。相比于砼桥，钢结构桥梁具有抗震性好、自重轻、施工周期短、绿色环保等优点，尤其是在大型和特大型桥梁项目上，钢结构将是首选，在未来将有巨大的发展空间。

钢结构桥梁的节点结构复杂，且大部分钢结构是外露的，设计时需要考虑符合美学需求。近年来钢结构桥梁的设计呈现了复杂性和多样性的特点，对于设计手段，表现形式，精确程度也提出了更高的要求。

建筑信息模型（building information modeling，BIM）是以三维数字技术为基础，引领建筑业信息技术走向更高层次的一种新技术，BIM技术具有强大的三维设计功能，具有三维可视化、协同性和信息可提取性的特点。Dassault公司的CATIA作为一款强大的CAD/CAE/CAM一体化软件，具有强大的曲面设计和参数化建模能力，可以立体的呈现设计意图，深化细节设计、二维出图等功能，为钢结构桥梁的外形和结构设计提供了新的设计手段。

2 工程概况

南淝河大桥主桥为一跨钢桁架梁桥，跨长134m，桥宽42m。全桥分为11个节段，标准节段长12m，南北对称，全桥大部分位于竖曲线圆弧段范围内。主梁为N型桁架，横向设置两片边桁架和一片中桁架，边桁架向内倾斜8°，每个上弦节点处设置一道横向桁式平联。桥面系为正交异性板桥面，顶板设置双向1.5%的横坡。

本项目上弦杆、腹杆等多个杆件为三向倾斜，杆件相交处的节点设计十分复杂，用传统的二维设计难以保证其准确性，需采用三维设计进行验证，图1为主桥BIM模型。

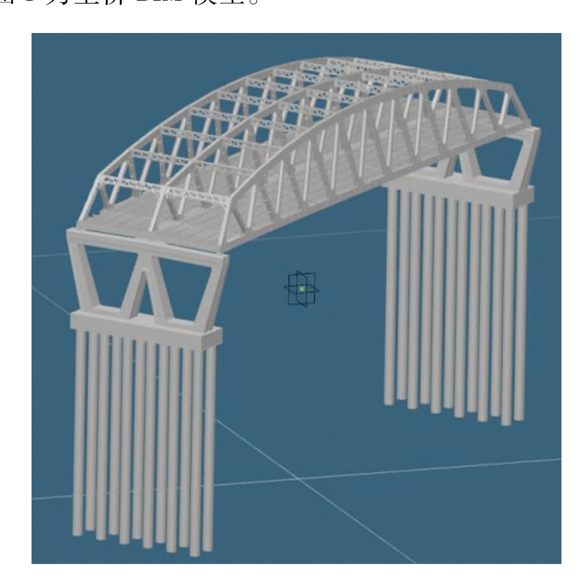


图1 主桥模型

【作者简介】 王继红（1982－），女，硕士研究生，BIM工程师，主要从事BIM技术应用与系统开发工作。

3 设计技术应用

3.1 主桁骨架建模

主桥桁架是南淝河大桥的重要组成部分,主桁各节点的准确定位是开展设计的前提。本桥桁架节点较多,二维的设计思维去定位三维空间点对于设计人员来说具有一定难度。利用 CATIA 创建主桁节点,并生成骨架,不但可以准确定位,也是模型建立和应用的基础。

3.1.1 节点生成

主桁由弦杆、腹杆及交汇处的节点板组成,弦杆与腹杆的中心线交汇点即节点中心点。节点及节点间的连线组成主桁的主要骨架。

主桥道路中心线的生成方式和梁桥相同,本文不做赘述,通过道路中心线可以获得三条下弦杆中心线,再与节段分割面相交,即可批量生成下弦杆定位点。上弦杆定位点也可通过相同变换获得。将节点两两相连即生成主桁主要骨架,如图 2 所示。

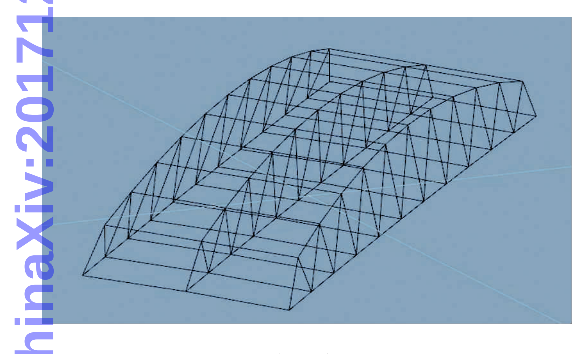


图 2 主桁主要骨架

3.1.2 产品库的建立

CATIA 自带的钢结构模块功能主要针对于造船、与飞机制造等制造业应用,难以满足钢桁架梁桥的建模和应用需要。因此在本次建模过程中,使用 Civil Engineering 模块,并按需要建立了钢结构产品库。

钢结构产品库由产品目录(catalog)、用户特征(UDF)、文档模板(EngineeringTemplates)组成,产品目录用于快速调用产品库中的产品模板。用户特征用于定义钢结构中最基本的构成元素 – 钢板、螺栓等,在定义用户特征时,必要的构件属性如长、宽、厚、体积、材质等特征需要进行输出。文档模板是 CATIA 的一个重要模块,适合于大部分结构近似,只有部分参数不同的批量产品的建模,见图 4、5。

本项目的节点板、腹杆、下弦杆、上平联、桥面系均建立了文档模板。在建立的文档模板内,含有各构件的尺寸简图,便于对设计图进行校核,见图 6。

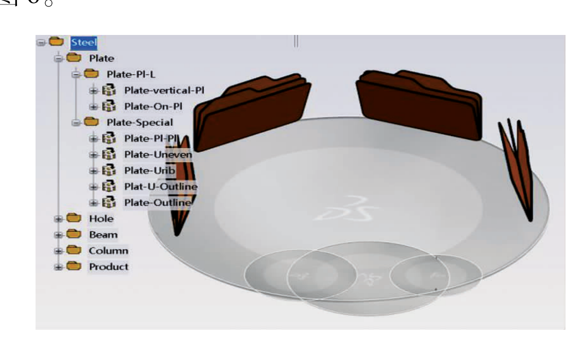


图 3 钢结构产品库

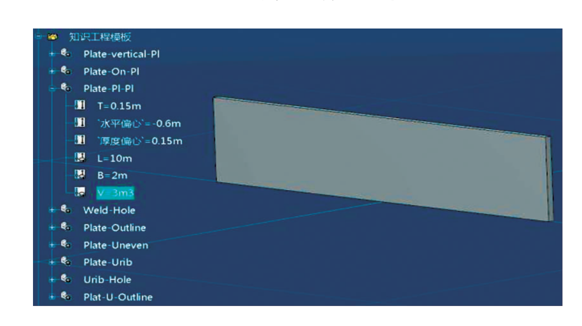


图 4 用户特征定义

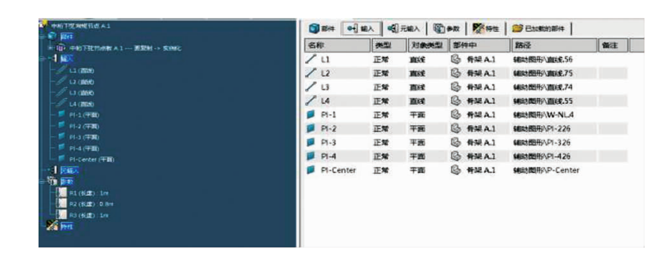


图 5 文档模板

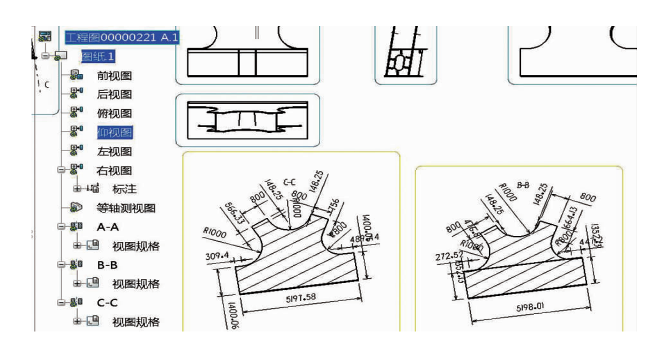


图 6 文档模板尺寸简图

3.1.3 知识工程阵列的应用

CATIA 知识工程阵列是通过内部调用参数、公式、反应、检查、规则等知识工程对象来智能生成几

何模型，这种类似于面向对象的操作，适用于有规律的几何图形及零件的创建，可以避免设计人员的重复劳动。

主桁骨架除了桁架节点和连线外，还需要创建弦杆和腹杆的起、止面，即各节点板的板件截止面。从图 2 可知，上、下桁架中间节点的骨架分别由一点和两条腹杆连线，两条弦杆连线组成，板件截止面在距离交点一定位置上与连线法相垂直。

可利用知识工程阵列调用用户特征（UDF）的方法来实现截止面的批量生成。图 7 为下桁架中间节点截止面生成的用户特征。

图 7　下桁架中间节点截止面用户特征

知识工程阵列执行语句如下：

```
let i(Integer)
let udf1(Feature)
let p(list)
let ls1(list)
...
set p = po1 - > Query("point","")
set ls1 = lin1 - > Query("line","")
...
i = 1
for i while i < = p - > Size()
{udf1 = CreateOrModifyTemplate("W - NL",`W - NL`,关系\知识工程阵列.1\列表.1`,i)
udf1 - > SetAttributeObject("交点",p - > GetItem(i))
udf1 - > SetAttributeObject("l1",ls1 - > GetItem(i))
...
EndModifyTemplate(udf1)
udf1.Name = "W - NL" + i
}
```

执行后，几何图形集 po1 中的节点就会产生相应的截止面，如图 8 所示。

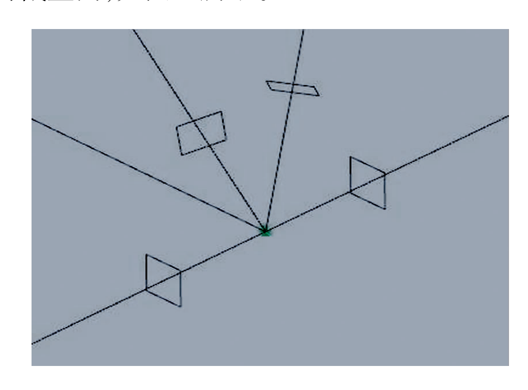


图 8　某节点截止面生成结果

知识工程阵列的操作对象不仅可以是几何元素，还可以是定义为 UDF 的实体。因此，无论上节中节点连线的生成，还是后续的通用杆件和节点板的建模，对于同一类型数据，均可采用该方法快速生成。

3.2　碰撞检查

钢桁架梁桥一般要求在工厂大节段进行预拼装，以检验可能存在的连接或碰撞问题。

南淝河大桥的节段与节段之间，弦杆、腹杆、桥面板等均需对接全焊透，部分需要高强度螺栓连接，因此对于板件、孔位的位置要求要极其严格。

边桁上节点 NU1′，是边桁上部最外侧节点。与上弦杆，腹杆，上横联等相连。作为最外侧节点，为了加强结构支撑，与上横联的连接多达 4 处。NU1′的内侧节点板向内倾斜 8°，上横联也与垂面也存在角度，因此耳板的定位容易出现偏差。

通过建模发现，耳板与上横联连接存在有 2 处问题。位置 1 和位置 2 存在 0.9 度偏差，位置 2 横向位置偏移 30mm，影响了焊接，需要进行设计更改，详见图 9 – 11。

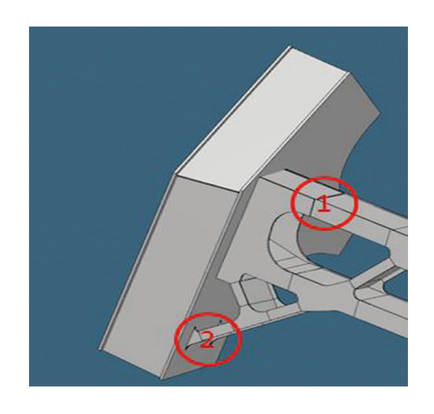


图 9　耳板连接示意图

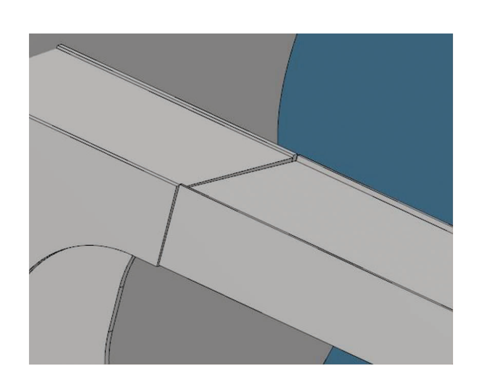


图 10　位置 1 详图

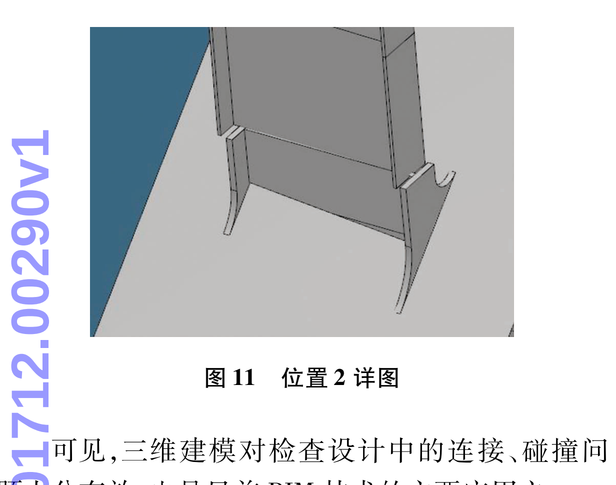


图 11　位置 2 详图

可见,三维建模对检查设计中的连接、碰撞问题十分有效,也是目前 BIM 技术的主要应用之一。

3.3　预拼装模拟

南淝河大桥除了常规的杆件外,节点及桥面系结构复杂,包含大量加强板,部分板件存在结构穿透设计。因此在结构设计的同时,应考虑零件拼装的可能性及步骤。通过 3Dcomposer 可以实现对零件拼装顺序的模拟和调整,方便设计方案的验证和修改,图 12 为边桁下弦杆节点 NL1′节点板 1 的装配画面。

本工程已经基于拼装演示就部分重要节点与施工方进行了对接,并进行了施工指导,取得了良好的效果。

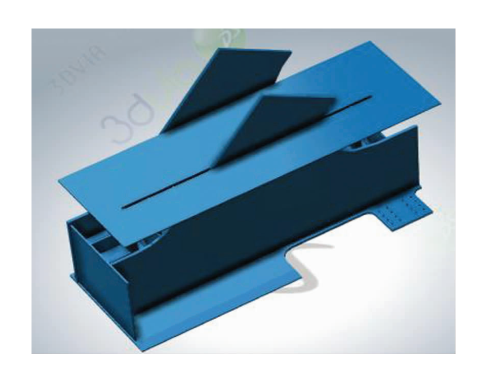


图 12　NL1′节点板 1 的装配

3.4　工程量计算

工程量计算的准确与否,直接影响工程造价的准确性,以及施工作业计划的编制,是项目能否顺利建设完成的重要依据。

钢桁架梁桥的异形板件较多,传统的算量方式会存在一定的误差,而且统计工作繁琐。

对主桥完成建模后,利用软件自带的 visual basic 编辑器进行二次开发,完成对零件参数信息进行自动提取,快速准确。

3.4.1　程序设计思路

明确所要提取零件参数,如产品名称,零件标号,体积等,并自动生成 EXCEL 表格用以存储数据。选择产品文件,对该产品下的零件参数进行遍历,判断是否为所要提取参数,如果是,则填入表格,直至遍历结束,保存文件并退出。

3.4.2　模型准备

设计人员在建模时要明确哪些参数需要提取,如仅考虑零件重量,则可以通过访问该零件进行测量体积,计算得出质量,无需设置参数。如需获得该零件的具体几何尺寸,则需要在建模时进行参数设置。

由于在建立用户特征时,已经将零件的长、宽、厚、体积、材料等信息都进行了设置,因此,全桥零

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	产品名	零件名	长(mm)	宽(mm)	厚(mm)	数量	体积(m3)	重量(kg)	计算(kg)	差值(kg)	差值百分比
2	NL-W4	节点板1	5202.264	36	2420	1	0.423671	3346.999	3455	108.0011	3.13%
3	NL-W4	节点板2		36		1	0.241396	1907.027	1912.3	5.273125	0.28%
4	NL-W4	节点板3		40		2	0.975043	7702.843	7653.5	49.34272	0.64%
5	NL-W4	腹杆腹板a	2160.505	36	920	1	0.071556	565.2919	562.6	2.691892	0.48%
6	NL-W4	腹杆腹板b	2170.138	36	920	1	0.071875	567.8123	565	2.812324	0.50%
7	**NL-W4**	**横隔板1**		**20**		**2**	**0.03754**	**296.541**	**319.1**	**22.5593**	**7.07%**
8	NL-W4	加劲板1	5197.722	24	200	6	0.149694	1182.586	1175.6	6.985784	0.59%
9	NL-W4	加劲板2	1328	20	14	4	0.042801	338.128	341.9	3.771994	1.10%
10	NL-W4	加劲板3	1656.637	16	100	2	0.00514	40.60907	41.6	0.990926	2.38%
11	NL-W4	加劲板4	5197.722	14	150	2	0.02183	172.4604	171.4	1.060427	0.62%

图 13　某节点板参数

件参数的读取十分简便。

3.4.3　工程量对比

运行程序，获取参数存储文件，将提取的零件质量与设计人员的计算质量做对比。图 13 为截取的某节点板参数表，表格前八列均为程序自动提取并计算所得，与计算重量作对比，发现横隔板 1 重量百分比相差较大，分析其原因，主要是由于形状不规则造成。

对全桥零件进行质量提取，整体来看，虽然部分零件的重量百分比相差比较大，但大多为加强板，隔板等小零件，大的规则板件误差很小。结果显示，主桁架和上横联的工程量误差为 2% ~3%，桥面系由于横梁内加强板、隔板较多，且有大量螺栓孔，因此工程量误差在 5% 左右。

4　小结

本文就 BIM 技术在钢桁架梁桥设计阶段的应用进行了探索，在节约时间成本和实现精准化设计等方面取得了一定的成效，得出如下结论：

1）知识工程模块的灵活掌握有助于模型的快速建立。在知识工程模板的应用中，标准件的确立及其参数的取舍，关系到标准件的通用性，及产品库的实用性。知识工程阵列则可以批量生成几何元素及实例化零件，帮助设计工程师节约时间；

2）在钢桁架梁桥的设计中，在复杂零件的空间造型和板件搭接方面，三维设计能够准确定位并发现问题，相比传统的二维设计具有明显优势；

3）通过 CATIA 自带的 VB 编辑器可以实现工程量的快速提取，相比传统的算量方法，更加精确，有利于业主方对造价的控制。

当然在设计过程中，也遇到了诸如产品库搭建不合理，部分零件算量速度慢等问题，需要根据桥梁和板件的结构形式对产品库结构和算法进行优化。

BIM 作为一种覆盖建筑全生命周期的技术手段，在设计方面的应用远不止于此，基于 CATIA 软件的强大功能，在结构计算、性能模拟、产品的自动优化方面可以进一步探索。

参考文献

[1] 刘飞虎. 基于 CATIA 高级知识工程在 BIM 桥梁钢筋建模中的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2015, 7(3): 43-47.
[2] 胡挺, 吴立军. CATIA 二次开发技术基础[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
[3] 崔建华, 甘明, 李华峰. 钢结构节点的 BIM 技术应用[C]. 空间结构学术会议, 2012.
[4] DSYAutomation. chm[M]. Dassault Systèmes SolidWorks Corp, 2016.
[5] 王继红. 基于 CATIA 的桥梁 BOM 自动生成方法的研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2014, 05: 34-37.
[6] 代忠权. BIM 技术在钢桥工程的应用研究[J]. 价值工程, 2015, 08: 130-131.
[7] 宋红飞, 常顺志, 梁善国, 等. BIM 技术在钢桥制造中的应用研究方向探讨[J]. 铁路技术创新, 2014, 02: 60-62.

Application of BIM Technology in Design Phase of Steel Trussed Girder Bridge

Wang Jihong, Lu Yu

(*Shanghai Municipal Engineering Design Institute* (*Group*) *Sixth Design Institute Co., Ltd., Hefei* 230001, *China*)

Abstract: This paper introduces the BIM technology into the design of steel trussed girder bridge, which directs the design in the truss positioning, single complex node designing, overlapping between adjacent nodes, and etc. The collision detection is also implemented, as well as the BIM application in assembly simulation and quantity calculation. The application of BIM technology has received good results, and provides references for future BIM applications in the design of steel trussed girder bridge.

Key Words: BIM; Steel Trussed Girder Bridge; Design; Application